

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Shoji Ikeda
Serial No.:
Conf. No.:
Filed: 02/25/2004
For: MAGNETIC FILM FOR MAGNETIC
HEAD
Art Unit:
Examiner:

I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service as EXPRESS MAIL in an envelope addressed to: MS Patent Application, Commissioner for Patents, Alexandria, VA 22313-1450, on this date.

02/25/04
Date

Express Mail No. EV032731488US

CLAIM FOR PRIORITY

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicants claim foreign priority benefits under 35 U.S.C. § 119 on the basis of the foreign application identified below:

Japanese Patent Application No. 2003-192020, filed July 4, 2003

A certified copy of the priority document is enclosed.

Respectfully submitted,

GREER, BURNS & CRAIN, LTD.

By



Patrick G. Burns
Registration No. 29,367

February 25, 2004

300 South Wacker Drive
Suite 2500
Chicago, Illinois 60606
Telephone: 312.360.0080
Facsimile: 312.360.9315

2309.69884
312.360.0080

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

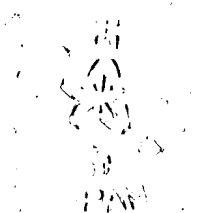
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 4 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 9 2 0 2 0
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 1 9 2 0 2 0]

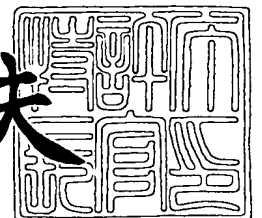
出 願 人 富士通株式会社
Applicant(s):



2 0 0 4 年 2 月 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 5 7 6 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 0351047

【提出日】 平成15年 7月 4日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/31

【発明の名称】 磁気ヘッド用磁性膜

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 池田 正二

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 久保宮 敬幸

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 松岡 正昭

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077621

【弁理士】

【氏名又は名称】 綿貫 隆夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100092819

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀米 和春

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006725

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9803090

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気ヘッド用磁性膜

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 Ru、Rh、Ir、Cr、Cu、Au、Ag、Pt、Pdのうちから選択した一つあるいは複数の元素を含む非磁性層と、FeとCoからなる磁性層とが積層して形成され、

0. 8 kA/m以上の飽和磁界を有することを特徴とする磁気ヘッド用磁性膜。

【請求項 2】 Ru、Rh、Ir、Cr、Cu、Au、Ag、Pt、Pdのうちから選択した一つあるいは複数の元素を含む非磁性層が下地層及び中間層として形成され、

FeとCoからなる磁性層と前記非磁性層とが交互に積層され、かつ、FeとCoからなる各々の磁性層の厚さが100 nm以下に設けられていることを特徴とする磁気ヘッド用磁性膜。

【請求項 3】 Ru、Rh、Ir、Cr、Cu、Au、Ag、Pt、Pdのうちから選択した一つあるいは複数の元素を含む非磁性層が下地層及び中間層として形成され、

前記非磁性層に接する磁性層の界面が、Feを30～65at%含有するFeとCoからなる合金磁性層により部分置換され、

前記合金磁性層に挟まれた磁性層の中央層が、Feを40～80at%含有するFeとCoからなる合金磁性層からなることを特徴とする磁気ヘッド用磁性膜。

【請求項 4】 FeとCoを主成分とするbcc（体心立方格子）磁性膜であって、膜成長方向の(110)と(211)面の強度比が $I(211)/I(110)=2\sim 100\%$ であることを特徴とする磁気ヘッド用磁性膜。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は磁気ヘッドのライトヘッド、特に垂直記録方式における磁気ヘッドの書き込み磁界を高め、磁気応答性を良好として高密度記録を可能にする磁気ヘッド用磁性膜に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来から異種元素を交互積層させた多層膜において、特異の特性を得る目的で多くの物質創製が試みられている。磁気記録関連に着目すると、Phy. Rev. Lett.、vol. 62、p. 2472 (1988)のFe/Cr多層膜での巨大磁気抵抗の発見を契機としてスピバルブ膜が開発されリードヘッドとして用いられている。媒体においても、J. Appl. Phys.、vol. 87、p. 6887 (1988)のCo/Pd多層膜などは、現状用いられているCoCr系合金よりも垂直磁気異方性が大きく、次世代の媒体材料の候補として注目されている。これらの積層周期は数nm程度であり、数原子層の極薄膜から構成されている。

【 0 0 0 3 】

一方、ライトヘッドの磁極材料としては、従来、 $B_s=1\sim 1.5\text{T}$ を有するNiFe単層膜が用いられているが、その膜厚は数 μm であり、かなりの厚膜である。今後、磁気ディスク装置における転送速度はより増加することが予想され、このような厚膜においては渦電流損失のために、ライトヘッドの記録性能の劣化が懸念される。そのため、以前から磁性層と絶縁層とを交互積層した多層膜が研究されている。この場合、高抵抗の絶縁層を用い、且つ磁性層自体を高抵抗化し、膜厚をサブミクロンにして表皮厚さ以下とすることで渦電流損失の抑制が図られている。

【 0 0 0 4 】

この磁性層としては、磁気異方性を極力小さくし良好な軟磁性を得るために、アモルファス、微結晶、グラニューラー磁性膜が候補として研究が進められてきた。さらに、多層化は、磁極形状にパターンニングされたときに、磁性層同士が静磁結合により閉磁路化され、周波数応答が改善されるという報告もなされている。J. Magn. Soc. Jpn. vol. 14、p. 379 (1990)、や J. Magn. Soc. Jpn. vol. 15、p. 391 (1991)に記載されている大沼らの研究では、磁性膜としてアモルファスCoNbZr、微結晶FeSiNが用いられている。これらの磁性膜の B_s は0.8~1.85 Tである。しかしながら、記録密度はますます増大しており、より小さな記録ビットを書き込むために磁極先端部のトラック幅、ポール長ともに縮小していくことが予想される。

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】

米国特許第 5 5 2 3 1 7 2 号公報

【特許文献 2】

米国特許第 5 5 7 8 3 8 5 号公報

【特許文献 3】

米国特許第 7 0 0 5 8 8 号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

さらに、磁性微粒子の磁化の熱擾乱抑制のため媒体保磁力を増加させる傾向にある。したがって、より高いライト磁界を発生させるために磁極材料は高いBsを持つことが必要不可欠である。このことから、Bs=0.8~1.85 Tのアモルファスや微結晶材料では、十分なライト磁界が得られない。FeCo合金は最大でBs=2.45Tを示す熱平衡磁性合金として知られているが、磁歪定数が $\lambda = 30 \sim 70 \times 10^{-6}$ と大きく、成膜中に膜中に残留する等方的な応力に起因した逆磁歪の効果が無視できなくなるために、FeCo単層膜では一軸異方性を有する軟磁性を得ることが非常に難しい。等方的な磁気特性を有する磁性材料を磁極に用いた場合には、残留磁化Br成分に対応する漏洩磁界で媒体の記録情報を消去してしまう恐れもある。

【0007】

特に、このライトヘッド自体によるイレースは、面内記録方式のリングヘッドよりも、垂直磁気記録方式の単磁極ヘッドにおいて顕著となる。さらに、垂直磁気記録方式の単磁極ヘッドでは、磁極先端部が針状となり、もしベタ膜状態で磁極材料自体が一軸磁気異方性を有し困難軸でのBr低減化がなされたとしても、磁極形状に起因した形状磁気異方性で漏洩磁界を生じ記録を消去してしまう可能性もある。そのため、高Bsを有し、且つ一軸磁気異方性の付与と形状異方性抑制を助長する磁極材料の開発が必要である。

また、高Bs化には結晶成長を抑制するような不純物元素の添加は極力抑えなければならなくなるが、FeCoなどの結晶性の磁性材料は、アモルファスやグラニュー合金膜に比べて柱状成長や膜厚方向の結晶粒の粗大化がより顕著となる。そ

のため、膜表面の粗さ、すなわち結晶粒の起伏が異種物質との多層化を阻害することとなる。したがって、膜表面の荒さも十分に考慮し材料設計を行う必要がある。

【0008】

FeCo単層膜では軟磁性を得る目的で、FeCo合金膜直下に下地層を設ける手法により、高Bsを維持しつつ軟磁性を付与する材料開発がなされている。IEEE. Trans. Magn. vol. 36 p. 2506-2508(2000) において報告があるように、FeCoN組成で2.4T程度の高Bsを有する軟磁性膜が得られている。しかしながら、FeCoN単層膜では磁気異方性の制御が難しく、FeCoN層をパーマロイNi₈₀Fe₂₀下地層上に成膜、あるいはNi₈₀Fe₂₀層でサンドイッチ構造とすることで軟磁性の改善が図られている。なお、この報告はFeCoN膜厚が0.1μmでの結果であり、0.1μm以上では軟磁性が得られるかは不明である。書き込み磁界を増大させるためには、磁極先端部に用いる高Bs膜を0.1μm以上に厚くすることが有効である。このNiFe下地を配することによる軟磁性の改善は、FeCoNが成膜時にNiFe下地と磁氣的に結合することに起因し、成膜時に生ずる膜中の残留応力による磁気弾性異方性は支配的ではないと結論付けられている。

【0009】

一方、IEEE. Trans. Magn. vol. 38 p. 2225-2227(2002)では下地として非磁性のNiFeCrを用いた場合にも、NiFe下地同様にFeCoの軟磁性の改善が得られている。これは、上述の下地とFeCoNの磁氣的結合が軟磁性改善の本質ではないことを意味する。高保磁力を有する高密度記録媒体に対する書き込み精度と磁気応答性を確保するためには、高Bsと軟磁性とを併せ持つ磁性膜が求められるのであるが、FeCo系合金においては、このような磁性膜を得るための開発指標は、未だ不明確である。

【0010】

本発明はこれらの課題を解決すべくなされたものであり、FeCoを磁性膜として使用し、磁極自体の漏洩磁界による記録消去を抑制することができ、とくに垂直記録方式での高密度記録に好適に利用することが可能であり、また、高Bsと軟磁性とを併せ持ち、高密度記録を可能とする磁気ヘッド用磁性膜を提供しようとする。

るものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記目的を達成するため次の構成を備える。

すなわち、磁気ヘッド用磁性膜において、Ru、Rh、Ir、Cr、Cu、Au、Ag、Pt、Pdのうちから選択した一つあるいは複数の元素を含む非磁性層と、FeとCoからなる磁性層とが積層して形成され、0.8 kA/m以上の飽和磁界を有すること、また、飽和磁界が0.8 kA/m以上の一軸磁気異方性を有し、膜中の残留応力が $\pm 0.5\text{GPa}$ 以下であることを特徴とする。

また、Ru、Rh、Ir、Cr、Cu、Au、Ag、Pt、Pdのうちから選択した一つあるいは複数の元素を含む非磁性層が下地層及び中間層として形成され、FeとCoからなる磁性層と前記非磁性層とが交互に積層され、かつ、FeとCoからなる各々の磁性層の厚さが100 nm以下に設けられていることを特徴とし、また、Feを40～80at%含有するFeとCoからなる合金磁性層と前記非磁性層とが交互積層され、かつ、FeとCoからなる各々の合金磁性層の厚さが100 nm以下に設けられたことを特徴とし、また、前記非磁性層に接する磁性層の界面が、Feを30～65at%含有するFeとCoからなる合金磁性層により部分置換され、前記合金磁性層に挟まれた磁性層の中央層が、Feを40～80at%含有するFeとCoからなる合金磁性層からなることを特徴とする。

【0012】

また、磁気ヘッド用磁性膜において、FeとCoを主成分とするbcc磁性膜であって、膜成長方向の(110)と(211)面の強度比が $I(211)/I(110)=2\sim 100\%$ であることを特徴とする。また、膜成長方向の(110)と(211)面の強度比が $I(211)/I(110)=2\sim 100\%$ となるように下地層が設けられていることを特徴とする。

また、前記磁気ヘッド用磁性膜であって、一つの磁化容易軸と磁化困難軸からなる一軸磁気異方性を有することを特徴とし、また、磁化困難軸の保磁力 H_{ce} が0.8 kA/m以下であること、また、磁化困難軸での残留磁化比 Br_h/B_{sh} が30%以下であることを特徴とする。

【0013】

【発明の概要】

磁極自体の漏洩磁界による記録消去の改善策としては、磁性層自体への一軸磁気異方性の付与、静磁結合型の磁性／非磁性多層膜による閉磁路化、さらに、交換結合を利用することで磁性層間の反並行磁化配列の助長により飽和磁界 H_s を増大させるなどが挙げられる。そのため、膜中の残留応力を極力抑え、一軸磁気異方性を付与する非磁性下地層あるいは中間層で、かつ磁性層間の閉磁路化および反強磁性結合を誘発する物質にする必要がある。さらに、FeCo層の表面が粗いと非磁性層でFeCo磁性層間の磁氣的分断が出来ないため、磁性層間の閉磁路化や反強磁性的結合が消失してしまう。したがって、表面粗さも抑制する必要がある。

【0 0 1 4】

本発明によれば、鉄Fe、コバルトCoからなる磁性層とRu、Rh、Ir、Cr、Cu、Au、Ag、Pt、Pdのうちの一つ、もしくはこれらの合金とした場合、もしくは、これらの元素に他元素を微量添加した非磁性層とを交互に積層した膜構造において、磁性層の残留応力を成膜圧力制御により ± 0.5 GPaの範囲内とし一軸磁気異方性を持たせ、積層して形成される各々の磁性層一層の厚さを100 nm以下とすることで表面粗さを抑制することにより、磁極から媒体側への漏洩磁界による記録消去を抑制する磁化配列を持った磁性膜を得ることが可能になる。

【0 0 1 5】

また、磁気ヘッド用磁性膜において、FeとCoを主成分とするbcc磁性膜であって、膜成長方向の(110)と(211)面の強度比 $I(211)/I(110)$ を指標とすることで、高 B_s と良好な軟磁性を有する磁性膜を得ることが可能となる。本発明方法によれば、鉄Fe、コバルトをCo主成分とする磁性膜の結晶配向性をX線回折の強度比をもとに制御することによって、軟磁気特性を改善し、高 B_s を維持する材料を開発することができ、記録磁界を増大させ、磁極部の磁界応答性を向上させることが可能となることから、高密度記録が可能な磁気ヘッド用磁性膜として好適に利用することが可能となる。

【0 0 1 6】**【発明の実施の形態】**

以下、本発明の好適な実施の形態について、詳細に説明する。

本実施形態においては、磁性層としてFeCo、非磁性層としてRuを使用し、スパッタリングにより磁性膜を形成してサンプルとし、その特性を調べた。同一真空容器内で、Fe₇₀Co₃₀およびRuをスパッタさせて磁性膜を形成した。FeCoの組成はat%表記である。Fe₇₀Co₃₀およびRuターゲットの純度は99.9%以上とした。スパッタ時の圧力は0.2~0.8 Pa、スパッタ投入電力密度は $1\sim 10\times 10^{-4}$ W/m²、アルゴンAr流量は50~100 sccmとした。ターゲットと基板間の間隔は90~180mmである。基板にはAl₂O₃付きTiCを用いた。

なお、本実施形態では、Fe₇₀Co₃₀と組み合わせる物質としてRuを使用した。Rh、Ir、Cr、Cu、Au、Ag、Pt、Pdとした場合、これらの合金とした場合、または、これらの元素に他元素を微量添加した場合でも成膜条件を調整することにより類似の結果が得られている。

【0017】

図1は、Ru下地が有る場合（図1(a)）と無い場合（図1(b)）でのFe₇₀Co₃₀膜の容易軸および困難軸でのB-H曲線を示す。RuおよびFe₇₀Co₃₀膜の成膜圧力はそれぞれ0.5 Paと0.8 Paである。膜厚はFe₇₀Co₃₀ ~100 nm、Ru~0.75 nmとした。

図1(a)において、Al₂O₃/TiC基板直上にFe₇₀Co₃₀を成膜した場合には、困難軸でのB-Hにおいてヒステリシスが見られ、困難軸での残留磁化Brh、保磁力Hch共に大きくなっている。これに対し、図1(b)に示すように、Ru 0.75 nm下地上にFe₇₀Co₃₀を成膜した場合には明瞭な一軸磁気異方性が出現し、飽和磁界Hs=0.8 kA/mとなっている。困難軸での残留磁化成分Brhも減少し、残留磁化比Brh/Bshは5%以下となっている。さらに、この異方性は成膜圧力、ターゲット-基板間距離などにより制御可能であり、即ち、Hsを0.8 kA/m以上にすることが出来る。

【0018】

図1の結果は、Fe₇₀Co₃₀成膜圧力0.8 Pa の結果であるが、Ru 0.75 nm /Fe₇₀Co₃₀ 100 nmの膜構成において、Fe₇₀Co₃₀の成膜圧力のみを変えてB-H曲線を測定した。その結果から、容易軸および困難軸の保磁力Hce、Hch、困難軸での残留磁化比Brh/BshをFe₇₀Co₃₀の成膜圧力に対し整理したのが図2である。

図2(a)、(b)から0.4 Paの成膜以下では Hc、Brh/Bshともに急激に増大し

ている。これは、低圧成膜することにより、一軸磁気異方性が崩れ、等方的になっていることを意味する。

【 0 0 1 9 】

図 3 は、上記の同様の膜において、膜中の残留応力を成膜圧力に対し示したものである。残留応力は X 線回折により算出した格子定数と Bulk の格子定数との差から見積もった。膜の堆積前後の基板の反りの差からも応力を見積もったがほぼ同様の結果であった。図中、負の値は圧縮応力、正の値は引張り応力である。残留応力は $\text{Fe}_{70}\text{Co}_{30}$ の成膜圧力の増加とともに、圧縮応力から引張り応力に直線的に遷移している。良好な磁気特性は ± 0.5 GPa の低応力範囲で得られている。

【 0 0 2 0 】

0. 4 Pa 以下で磁気特性が等方的となった理由として、 $\text{Fe}_{70}\text{Co}_{30}$ の磁歪定数が 40×10^{-6} と大きいために、膜中の等方的な残留応力により逆磁歪の効果が顕著となったことが一因として挙げられる。ここで、成膜圧力というのは、成膜装置の排気口径や真空計の取り付け位置などに強く依存し、真空計が同一圧力指示値であっても成膜装置が異なると、磁気特性に差異が生じてくる。したがって、膜中の残留応力によって規定することが望ましく、本結果によれば、Ru 下地を使用し、かつ残留応力が ± 0.5 GPa の範囲内において一軸異方性を有する膜が得られている。さらに、同様な結果は高 Bs の得られる $\text{Fe}_x\text{Co}_{100-x}$ 合金の全組成域 ($x = 40 \sim 80$ at%) で得られている。

【 0 0 2 1 】

以上の結果から、良好な一軸磁気異方性を有する軟磁性膜が ± 0.5 GPa 範囲内の残留応力で得られている。この一軸異方性を有する軟磁性は面内磁気記録方式のリングヘッドりしては十分使用可能である。しかしながら、垂直磁気記録方式の単磁極ヘッドにおける磁極自体の漏洩磁界抑制として閉磁路化や Ru 層を介した磁性層間の磁化の反並行配列を利用する場合には、Ru/FeCo の多層化が必須となる。この場合には、極薄 (例えば、0. 75 nm) の Ru を周期的に FeCo 層間に挿入する必要がある、FeCo 表面粗さが粗いと Ru 層が不連続膜化し、磁性層間の強磁性結合を生じてしまうため、FeCo 表面状態、すなわち、表面粗さが重要となってくる。

【 0 0 2 2 】

そこで、Ru 0.75 nm 下地上に、100 nm、200 nm、700 nmと膜厚の異なるFe₇₀Co₃₀膜において成膜圧力を変えて、表面粗さRaを原子間力顕微鏡AFMにより調査した結果が図4である。Raは成膜圧力、および膜厚増加により増大する傾向にある。良好な軟磁性が得られる0.6Pa以上の成膜圧力においてRaが大きいと言うことは、FeCoをRuと積層しFeCo磁性層間の磁気的分断による閉磁路化・反強磁性結合を得るためには、FeCo層厚に上限があることを意味する。

図5は、0.8Paでより細かくFe₇₀Co₃₀膜厚を変えて成膜した場合のRaを示す。膜厚200 nm 以上ではRaが2 nmを超えており、Ruを介したFeCo層間の反強磁性的な結合は消失してしまう結果となった。したがって、Ru/FeCo多層膜におけるFeCo層の厚さの上限は100 nmとなる。

【0 0 2 3】

図6は、(Ru 0.75 nm / Fe₇₀Co₃₀ 7.5 nm) × 27 多層膜および(Ru 0.75 nm / Fe₅₀Co₅₀ 0.5 nm / Fe₇₀Co₃₀ 6.5 nm / Fe₅₀Co₅₀ 0.5 nm) × 27 多層膜のB-H曲線を示す。Fe₇₀Co₃₀成膜条件は前述のものと同様である。

図6 (a)に示すように、磁化の飽和する磁界、すなわち飽和磁界H_sは240kA/mとなり、非磁性層を介した磁性層間の反強磁性的結合に由来する高H_sが観測される。さらに、図6 (b)に示すように、Fe₇₀Co₃₀ 層の両側にFe₅₀Co₅₀層を挿入した (Ru 0.75 nm / Fe₅₀Co₅₀ 0.5 nm / Fe₇₀Co₃₀ 6.5 nm / Fe₅₀Co₅₀ 0.5 nm) × 27とすることでH_sは更に増加し、360 k A/mとなる。このH_s増大の効果は、Fe_xCo_{100-x}、x = 30~65 at%の組成範囲で得られている。このように、H_sを増加させることにより、垂直磁気記録用単磁極ヘッドにける磁極先端部の形状異方性を低減し、磁極自体による記録消去の抑制が期待できる。

【0 0 2 4】

【表 1】

Film composition	n	B _s (T)	H _s (kA/m)
Ru 0.75 nm \ Fe ₇₀ Co ₃₀ 200 nm	1	2.44	2
(Ru 0.75 nm \ Fe ₇₀ Co ₃₀ 7.5 nm) × n	27	2.23	240
(Ru 0.75 nm \ Fe ₅₀ Co ₅₀ 0.5 nm \ Fe ₇₀ Co ₃₀ 6.5 nm \ Fe ₅₀ Co ₅₀ 0.5 nm) × n	27	2.20	360
(Ru 0.75 nm \ Fe ₇₀ Co ₃₀ 7.5 nm \ (etching)) × n	27	2.23	280
(Ru 0.75 nm \ Fe ₅₀ Co ₅₀ 0.5 nm \ Fe ₇₀ Co ₃₀ 6.5 nm \ Fe ₅₀ Co ₅₀ 0.5 nm \ (etching)) × n	27	2.20	400

表1は、上述の多層膜および、同様の膜構成でRu中間層を成膜する前に、FeCo

表面を500W、0. 1Paの条件で逆スパッタリングにより僅かにエッチングする操作を繰り返し行った多層膜のBsおよびHsを示す。エッチングによりBsが2. 2T以上のままで、Hsが増加することがわかる。このエッチングによるHsの増加は、エッチングすることでFeCo膜表面が平坦化されることにより、Ru層を介したFeCo層間の反強磁性的結合が強まったことに起因すると考えられる。ガスクラスタイオンビームGCIBによるFeCo表面の平坦化においても同様のHsの増加が見られた。また表1中、このような多層化によるHsは、多層膜に形成されたFeCo膜の全体厚にほぼ等しいFeCo単層膜のそれよりも数百倍高く出来ることがわかる。また、非磁性層との多層化においては、当然、多層膜の全体積あたりの飽和磁束密度Bsを減少させるが、非磁性層および磁性層の膜厚調整により $B_s \geq 2. 0 \text{ T}$ となっている。

【0 0 2 5】

以上説明したように、異方性制御と反強磁性結合に寄与する非磁性層の適用と成膜条件を最適化することで応力低減により磁性層の一軸磁気異方性の付与と反強磁性結合による飽和磁界Hs増大化を行い、かつ表面粗さを2 nm以下に抑制するために磁性層の膜厚を $0. 1 \mu\text{m}$ 以下し、Bsを2.0 T以上になるよう膜厚周期を設計することにより、記録磁界の増大と並行し磁極自体による漏洩磁界での記録消去の抑制が可能となり、記録能力の信頼性向上と高密度記録化を図ることができ、とくに垂直方式の記録用ヘッドとして好適に使用することが可能になる。

密度記録ヘッドが提供可能となる。

【0 0 2 6】

図7～13は、高Bsと軟磁性を併せ有するFeCo系合金の開発指標について検討した結果を示す。

この実施形態においては、FeCo膜厚は200-800 nmの間で変化させ、Ru下地膜厚を0. 8 nm一定として試験を行った。真空チャンバー内を 10^{-5} Pa 以下に排気した後、スパッタ時の圧力はFeCo成膜に対し0. 6 Pa、Ruに対し0. 5 Paとした。スパッタ投入電力密度はFeCoに対し $6 \times 10^4 \text{ W/m}^2$ 、Ruに対し $1. 5 \times 10^4 \text{ W/m}^2$ で調整し、アルゴンAr流量は50 sccmとした。ターゲットと基板間の間隔は90 mmである。ターゲットには純度99. 95%以上のFeCoとRuを用いた。

FeCoターゲット組成はCoを10～60 at%変化させ、基板にはSi、ガラス、およびAl

203付きTiCを用いたが、種々の組合せにおいて同様の結果が得られている。本実施形態では、 $\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_x$ 、 $x=30\text{at\%}$ でSi基板を用いた場合について示す。また、Ru以外の元素や合金を用いた下地の場合、FeCoに少量不純物を添加した場合にも同様の結果が得られた。

【 0 0 2 7 】

図 7 は、Ru下地膜を使用せず、異なる膜厚でFeCoを直接Si基板上に成膜した場合のB-H曲線である。FeCo膜厚増加とともに一軸磁気異方性が出現し、磁化困難軸と磁化容易軸とのB-H曲線の差異が明瞭となる。

図 8 はSi基板上にRuを0.8 nm成膜し、その後、異なる膜厚でFeCoを成膜した場合のB-H曲線である。図 7 の結果とは逆傾向で、FeCo膜厚が薄い場合に一軸磁気異方性が明瞭であり、厚くなると一軸磁気異方性が崩れてくる。

【 0 0 2 8 】

図 9 は図 7 と図 8 の結果から抽出した容易軸および困難軸の保磁力 H_{ce} 、 H_{ch} をFeCo膜厚に対し示した。低保磁力は軟磁気特性の指標である。 H_{ce} 、 H_{ch} はFeCo膜厚の増加とともに、Ru下地無しのFeCo単層の場合は減少するのに対し、Ru下地有りのRu/FeCo膜の場合は増加傾向にある。

図 1 0 は図 7 と図 8 の結果より抽出した困難軸の飽和磁束密度 B_{sh} および残留磁束密度 B_{rh} から求めた残留磁束密度比 B_{rh}/B_{sh} をFeCo膜厚に対し示したグラフである。 B_{rh} に相当する漏洩磁界は、励磁しない状態で記録を消失させる要因となるため、これを抑制するためには B_{rh}/B_{sh} が小さいことが好ましい。 B_{rh}/B_{sh} はFeCo膜厚の増加とともに、Ru下地無しのFeCo単層の場合は減少し、一方、Ru下地有りのRu/FeCo膜の場合は増加する。

【 0 0 2 9 】

以上の結果から、Ru下地有無のFeCo膜においては、 H_c および B_{rh}/B_{sh} のFeCo膜厚依存性が逆傾向にあることがわかる。これらの結果を結晶構造の面から検討するために、Ru下地有無のFeCo膜において $\theta-2\theta$ 走査によりCu-K α 線を用いX線回折を行った。

図 1 1 はRu下地有無のFeCo膜におけるbcc-FeCoの(110)と(211)面の回折強度比 $I(211)/I(110)$ のFeCo膜厚依存性である。Ru下地無しのFeCo膜においては、Ru下

地有りとは比べ $I(211)/I(110)$ が低い、すなわち、(110)配向が強くなっている。そして、FeCo膜厚が厚くなるに従い $I(211)/I(110)$ が大きくなり、(110)配向が崩れてくる。一方、Ru下地有りの場合は、FeCo膜厚が薄いときでも $I(211)/I(110)$ が高く、すなわち、(110)配向しておらず、FeCo膜を厚くすると $I(211)/I(110)$ がより強まり、(211)配向する傾向にある。

図12は図9及び図11の結果から、Hce、Hchと $I(211)/I(110)$ の関係を示す。Hce、Hchは共に $I(211)/I(110)$ が10-30%付近で極小となっている。ライトヘッドにおいては、困難軸の可逆な磁化反転を利用することが理想的であり、Hchが小さいことが望ましい。Hchの指標として0.8kA/mとした場合に、 $I(211)/I(110)=2\sim 100\%$ となる。この $I(211)/I(110)$ の範囲において、図13からBrh/Bsh=30%となっていることがわかる。

【0030】

以上の結果から、HchおよびBrh/Bshを低く抑えるためには、極端に(110)配向あるいは(211)配向しない結晶組織状態が必要であり、その指標として回折強度比が $I(211)/I(110)=2\sim 100\%$ となることが望ましい。このことは、FeCoを連続成膜する場合にはある程度ランダム結晶配向した方が、結晶磁気異方性の平均化により有効磁気異方性の減少を助長し、その結果、低保磁力化に影響しているものと推察される。また、FeCoの連続成膜であるので、FeCo自体のBsが得られる。上記実施形態のFe70Co30でのBsは2.4~2.45 Tとなっている。

【0031】

(付記1) Ru、Rh、Ir、Cr、Cu、Au、Ag、Pt、Pdのうちから選択した一つあるいは複数の元素を含む非磁性層と、FeとCoからなる磁性層とが積層して形成され、0.8 kA/m以上の飽和磁界を有することを特徴とする磁気ヘッド用磁性膜。

(付記2) 飽和磁界が0.8 kA/m以上の一軸磁気異方性を有し、膜中の残留応力が ± 0.5 GPa以下であることを特徴とする付記1記載の磁気ヘッド用磁性膜。

(付記3) Ru、Rh、Ir、Cr、Cu、Au、Ag、Pt、Pdのうちから選択した一つあるいは複数の元素を含む非磁性層が下地層及び中間層として形成され、FeとCoからなる磁性層と前記非磁性層とが交互に積層され、かつ、FeとCoからなる各々の磁性層の厚さが100 nm以下に設けられていることを特徴とする磁気ヘッド用磁性膜

。

(付記 4) 前記磁性層は Fe を 40～80at%含有することを特徴とする付記 3 記載の磁気ヘッド用磁性膜。

(付記 5) Ru、Rh、Ir、Cr、Cu、Au、Ag、Pt、Pdのうちから選択した一つあるいは複数の元素を含む非磁性層が下地層及び中間層として形成され、前記非磁性層に接する磁性層の界面が、Fe を 30～65at%含有する Fe と Co からなる合金磁性層により部分置換され、前記合金磁性層に挟まれた磁性層の中央層が、Fe を 40～80at%含有する Fe と Co からなる合金磁性層からなることを特徴とする磁気ヘッド用磁性膜。

(付記 6) 非磁性層の中間に形成された、Fe を 30～65at%含有する合金磁性層と、Fe を 40～80at%含有する合金磁性層とからなる磁性層の厚さが 100nm 以下に設けられていることを特徴とする付記 5 記載の磁気ヘッド用磁性膜。

(付記 7) Fe と Co からなる磁性層の表面粗さが 2nm 以下に設けられていることを特徴とする付記 1～6 のいずれか一項記載の磁気ヘッド用磁性膜。

(付記 8) 非磁性層と磁性層の膜厚が、膜全体としての飽和磁束密度が 2.0T 以上となるように設けていることを特徴とする付記 1～7 のいずれか一項記載の磁気ヘッド用磁性膜。

(付記 9) Fe と Co を主成分とする bcc (体心立方格子) 磁性膜であって、膜成長方向の (110) と (211) 面の強度比が $I(211)/I(110)=2\sim 100\%$ であることを特徴とする磁気ヘッド用磁性膜。

(付記 10) 付記 9 記載の磁気ヘッド用磁性膜であって、一つの磁化容易軸と磁化困難軸からなる一軸磁気異方性を有することを特徴とする磁気ヘッド用磁性膜。

(付記 11) 付記 10 記載の磁気ヘッド用磁性膜であって、磁化困難軸の保磁力 H_{ce} が 0.8 kA/m 以下であることを特徴とする磁気ヘッド用磁性膜。

(付記 12) 付記 10 記載の磁気ヘッド用磁性膜であって、磁化困難軸での残留磁化比 Br_h/B_{sh} が 30% 以下であることを特徴とする磁気ヘッド用磁性膜。

【0032】

【発明の効果】

本発明に係る磁気ヘッド用磁性膜は、高い書込み磁界と良好な磁界応答性を有する磁性膜として提供することができ、これによって高密度記録が可能な磁気ヘッド用の磁性膜として好適に利用することができる。また、非磁性層と磁性層との積層構造とすることで、記録磁界を増大させることと併せて、磁極自体からの漏洩磁界による記録消去を抑えることにより、記録能力の信頼性向上と高密度記録化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

Fe₇₀Co₃₀ 100 nm単層膜(a)及びRu下地を用いたRu0.75 nm/ Fe₇₀Co₃₀ 100 nm複合膜(b)の容易軸及び困難軸でのB-H曲線である。

【図 2】

Ru0.75 nm/ Fe₇₀Co₃₀ 100 nm複合膜におけるFe₇₀Co₃₀成膜時の圧力に対する容易軸と困難軸の保磁力H_{ce}, H_{ch} (a), および困難軸での残留磁化比Br_h/B_{sh} (b)を示すグラフである。

【図 3】

Ru0.75 nm/ Fe₇₀Co₃₀ 100 nm複合膜におけるFe₇₀Co₃₀成膜時の圧力に対する膜中の残留応力 σ を示すグラフである。

【図 4】

Ru0.75 nm/ Fe₇₀Co₃₀ 100 nm複合膜におけるFe₇₀Co₃₀成膜時の圧力に対する表面粗さRaを示すグラフである。

【図 5】

Ru0.75 nm/ Fe₇₀Co₃₀ 膜における表面粗さRa のFe₇₀Co₃₀膜厚依存性を示すグラフである。

【図 6】

(Ru 0.75 nm / Fe₇₀Co₃₀ 7.5 nm) × 27 多層膜 (a), および (Ru 0.75 nm / Fe₅₀Co₅₀ 0.5 nm / Fe₇₀Co₃₀ 6.5 nm / Fe₅₀Co₅₀ 0.5 nm) × 27 多層膜(b)のB-H曲線である。

【図 7】

異なる膜厚を持つFe₇₀Co₃₀単層膜におけるB-H曲線である。

【図 8】

Ru下地厚0.8 nm一定としてFe₇₀Co₃₀膜厚を変化させた場合のB-H曲線である。

【図 9】

Ru下地有り無しFeCo膜の磁化容易軸および磁化困難軸の保磁力H_{ec}、H_{ch}のFeCo膜厚依存性を示すグラフである。

【図 1 0】

Ru下地有り無しFeCo膜の磁化困難軸での残留磁化比Br_h/B_{sh}のFeCo膜厚依存性を示すグラフである。

【図 1 1】

Ru下地有り無しFeCo膜の(211)と(110)結晶面の回折強度比I(211)/I(110)のFeCo膜厚依存性を示すグラフである。

【図 1 2】

Ru下地有り無しFeCo膜の保磁力H_{ec}、H_{ch}と回折強度比I(211)/I(110)の関係を示すグラフである。

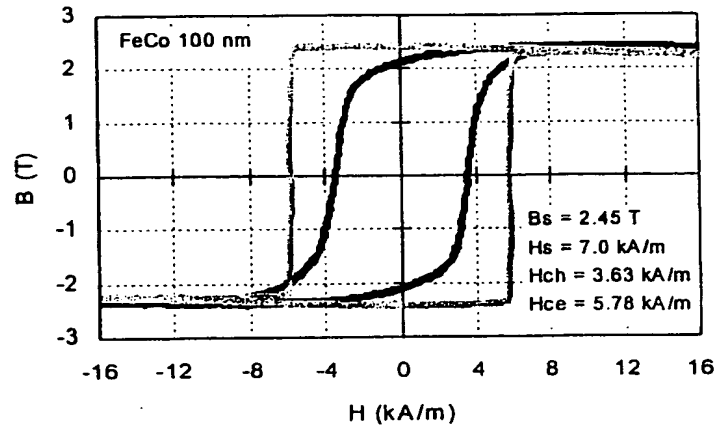
【図 1 3】

Ru下地有り無しFeCo膜の残留磁化比Br_h/B_{sh}と回折強度比I(211)/I(110)の関係を示すグラフである。

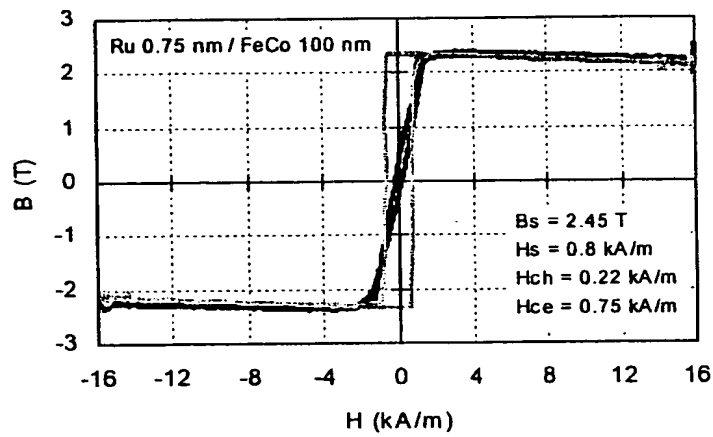
【書類名】 図面

【図 1】

(a)

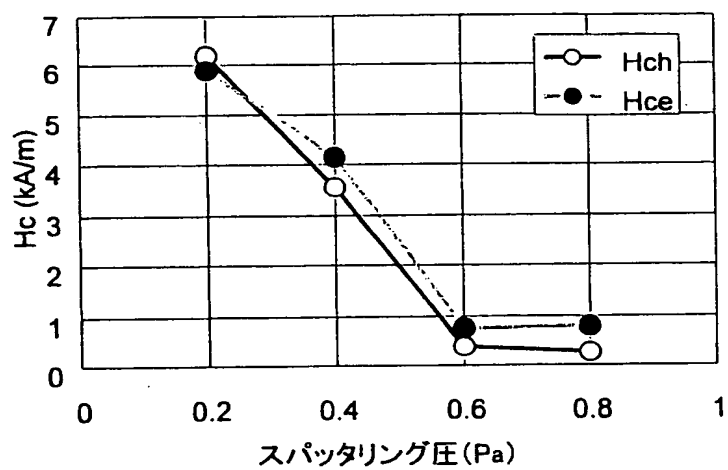


(b)

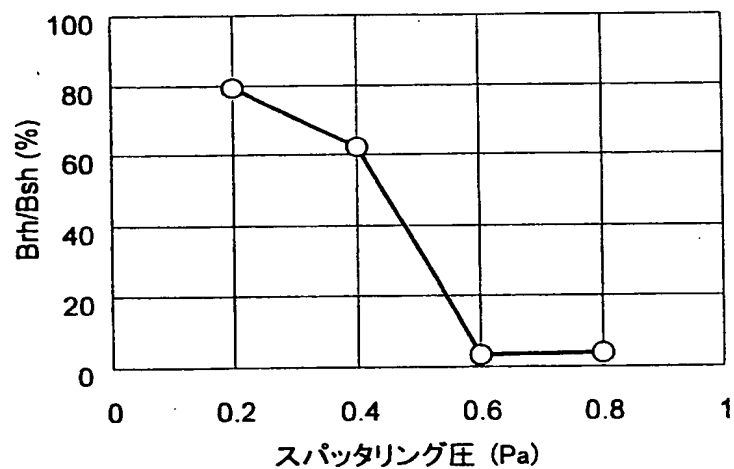


【図 2】

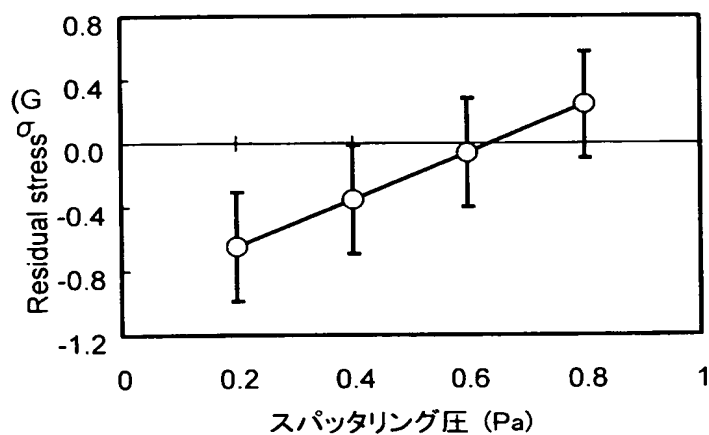
(a)



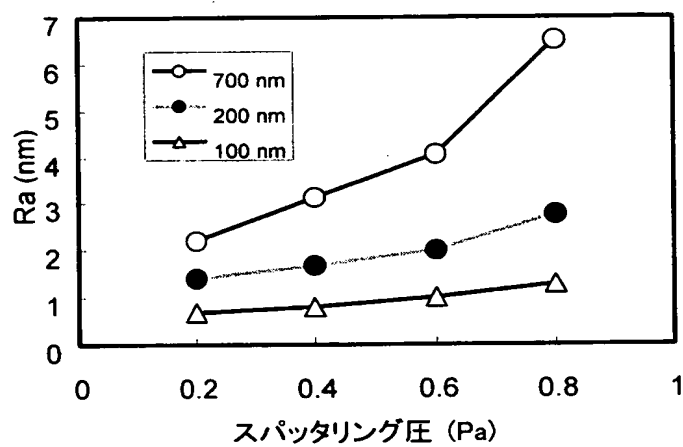
(b)



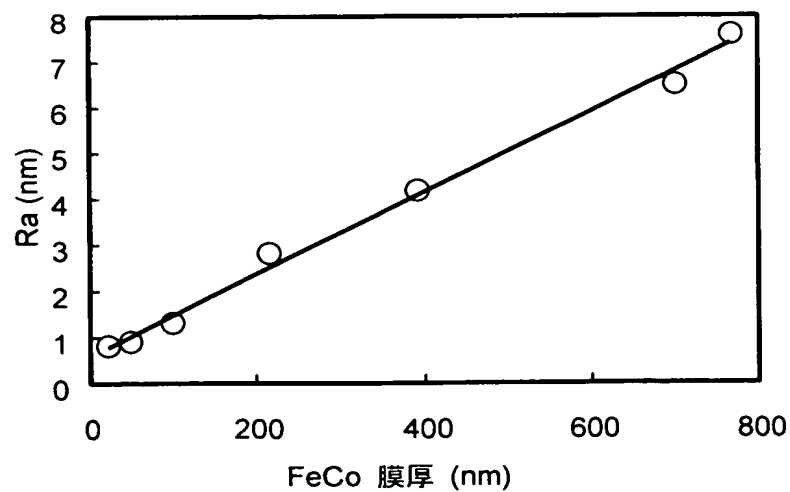
【図 3】



【図 4】

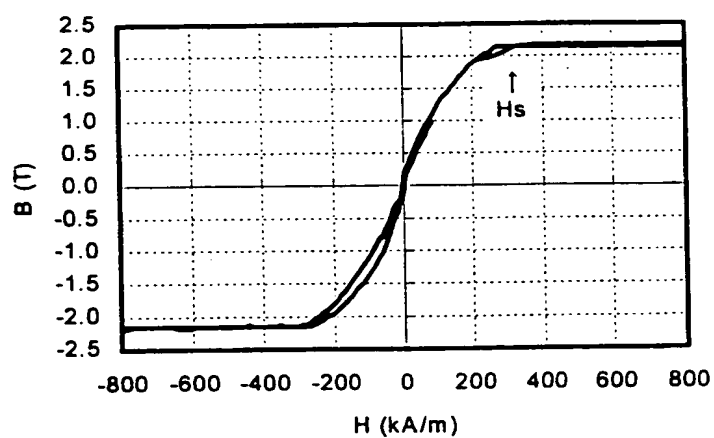


【図 5】

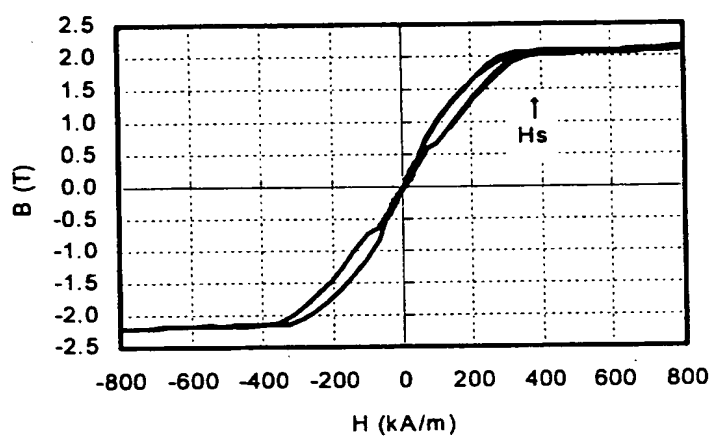


【図 6】

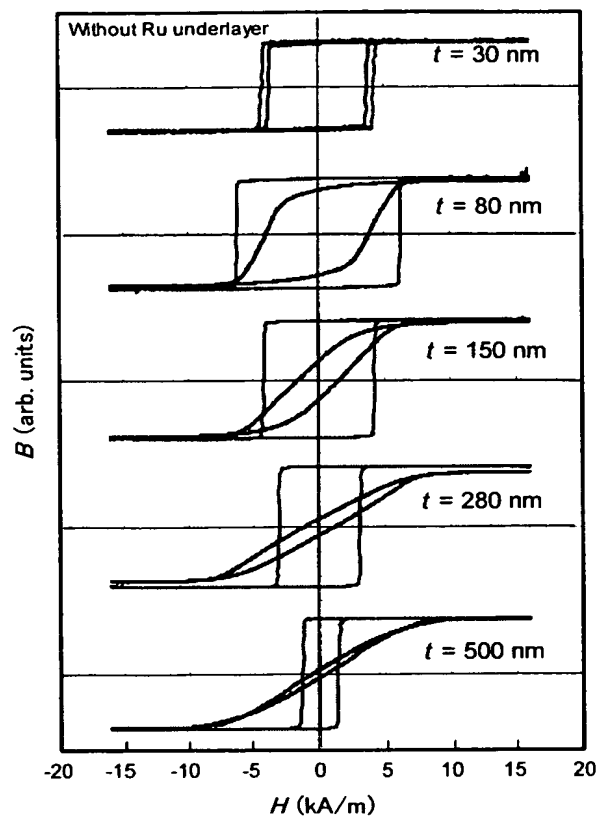
(a)



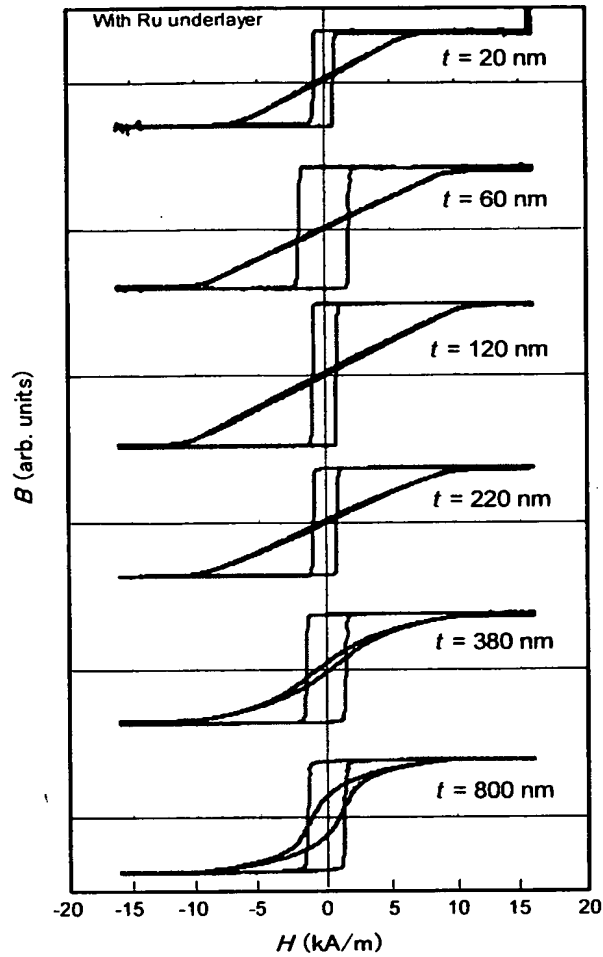
(b)



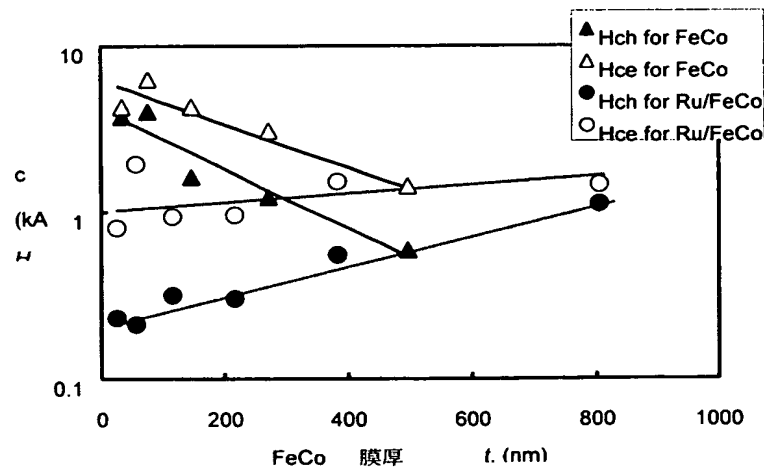
【図 7】



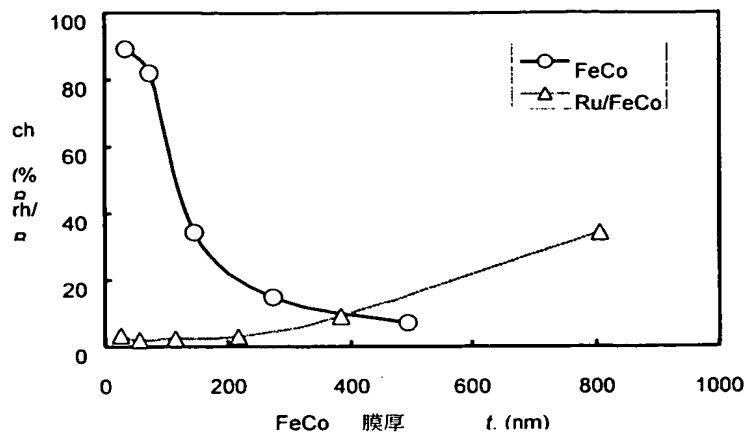
【図 8】



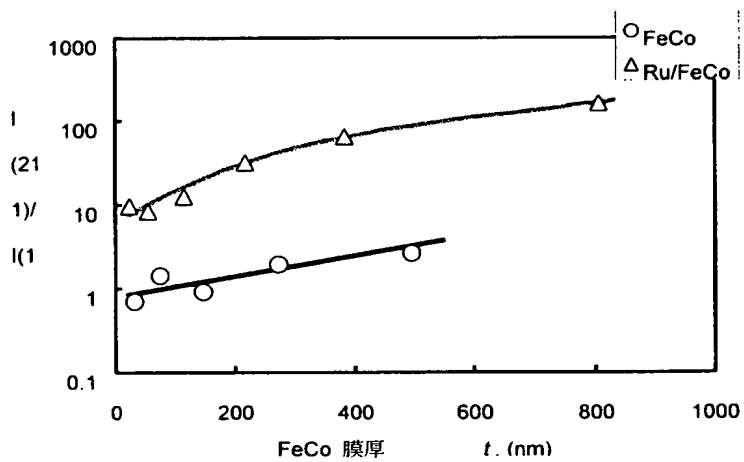
【図 9】



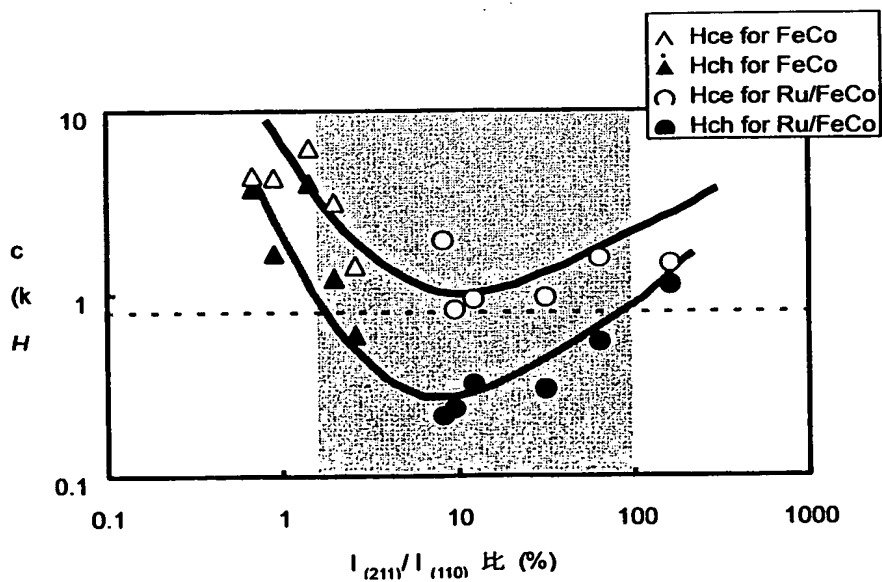
【図 10】



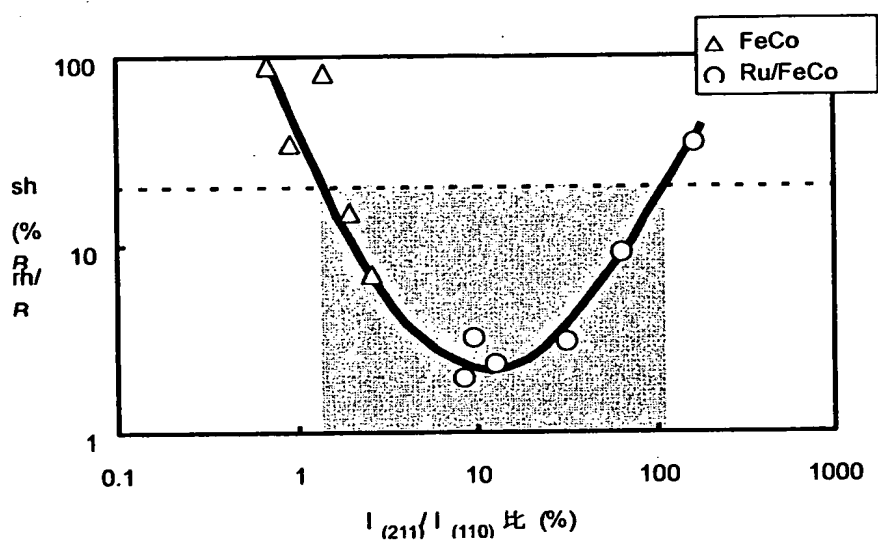
【図 1 1】



【图 1 2】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 FeCoを磁性膜とし、磁極自体の漏洩磁界による記録消去を抑制し、とくに垂直記録方式での高密度記録に好適に利用することができる磁気ヘッド用磁性膜を提供する。

【解決手段】 磁極自体の漏洩磁界による記録消去の改善策としては、磁性層自体への一軸磁気異方性の付与、静磁結合型の磁性／非磁性多層膜による閉磁路化、さらに、交換結合を利用することで磁性層間の反並行磁化配列の助長により飽和磁界 H_s を増大させるなどが挙げられる。そのため、膜中の残留応力を極力抑え、一軸磁気異方性を付与する非磁性下地層あるいは中間層で、かつ磁性層間の閉磁路化および反強磁性結合を誘発する物質にする。また、磁性層の表面が粗いと非磁性層で磁性層間の磁気的分断が出来ないため、磁性層間の閉磁路化や反強磁性的結合が消失する。したがって、表面粗さを抑制する。

【選択図】 図 1



特願 2 0 0 3 - 1 9 2 0 2 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社